

$$I_{FS} = \frac{E}{R_i + R_m}$$

$$I_m = \frac{E \cdot R_x}{R_i R_m + R_x (R_i + R_m)} \quad (\text{Non linear})$$

يمكن تكون نسبة خطية إذا كان $R_x (R_i + R_m)$ قيمة صغيرة جداً مقارنة مع الناتج $R_i R_m$

$$S = \frac{I_m}{I_{FS}} = \frac{R_x (R_i + R_m)}{R_i R_m + R_x (R_i + R_m)}$$

$$R_i \gg R_m$$

$$S = \frac{I_m}{I_{FS}} = \frac{R_x}{R_m + R_x}$$

مميزات هذه الطريقة :-

- 1- التدرج Linear
- 2- عند دقة لقياس المقاومة الصغيرة

عيوبها :-

- 1- يحتاج لفتح ال Switch
- 2- لا تستخدم لقياس المقاومة الصغيرة فقط



The full scale current ($R_x=0$) is:-

$$I_t = E/R_h$$

$$I_2 R_2 = I_{fsd} R_m$$

→ Full scale deflection

$$R_2 = \frac{I_{fsd} R_m}{I_t - I_{fsd}}$$

$$I_{fsd} = I_m$$

× معيار هذه الطريقة -

لما يتصل الحمل في الجهاز ← التيار = 0

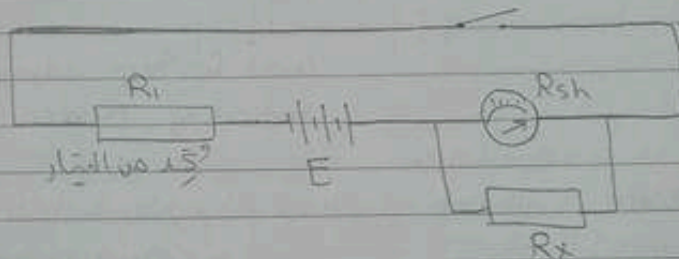
× عيوبها :-

Non linear التدرج

[3] Shunt ohmmeter

← المقاومة المراد قياسها تقابل تيار مع meter

← التدرج من عكوس



← عند غلق ال Switch ووصل R_x من الدارة ← الجهاز يعمل
ال f.s

لأن يجب فتح ال Switch عند وصل R_x كي لا تستنفد البطارية

$$I_{s.c} = \frac{E}{R_i}$$

S.c ← عند وضع R_x

$I_{s.c}$

دا أكبر تيار ممكن يمر في الدارة و لكن الجهاز لا يقروؤه لأنه لا يمر في سلك
الجهاز يمر في ال S.c فقط

← كلما قل ال R_x كلما قل التيار المار في R_m

← كلما زادت ال R_x زادت قراءة التيار



[2] Series ohmmeter

← جهاز PMMC لقياس المقاومة
= meter

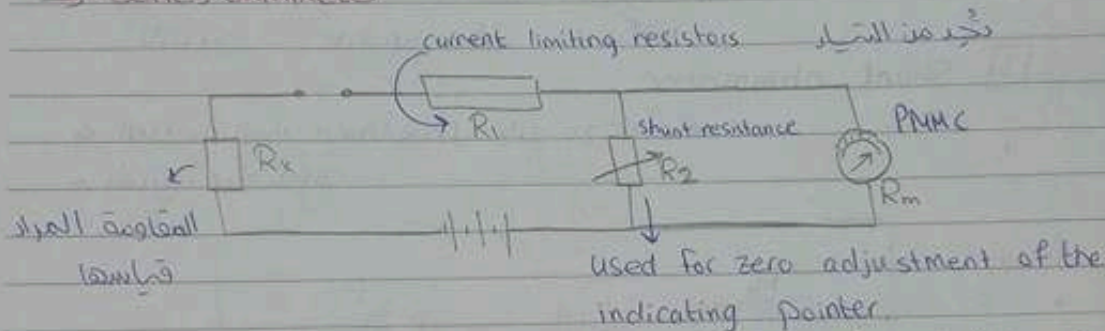
هو الجهاز مع Scale, Spring, Pointer
(المكونات الأساسية للجهاز)

← يتم توصيله لقياس التيار ويكون Ammeter

← يتم توصيله لقياس الجهد ويكون Voltmeter

← يتم توصيله لقياس المقاومة ويكون ohmmeter

⇒ Series ohmmeter



← هذا الجهاز يقرأ بتدرج متناقص ويكون non linear

عندما تكون المقاومة = صفر ← المقاومة يساويها Full scale
→ (short circuit)

عندما تكون المقاومة = ∞ ← المقاومة يظل عند الصفر
→ (open circuit)

$$R_h = R_{eq. fs} = R_1 + (R_2 \parallel R_m)$$

← المقاومة عند الصفر
النزج
→ $R_x = 0 \Rightarrow S.C$

"Full of full scale deflection resistance"

4 قيم تميز ال ohmmeter

$$R_m, I_m, E, R_h$$



محاضرة 6 :-
د. أحمد رفعت

Resistance measurements:-

← طرق قياس المقاومة الكهربائية :-

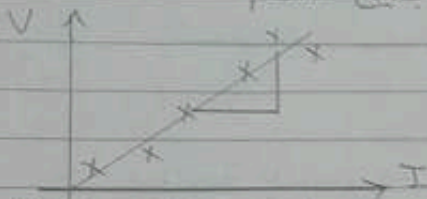
- 1- Ammeter-Voltmeter method
- 2- Series ohmmeter
- 3- Shunt ohmmeter على المتوازي
- 4- DC & AC Bridges

1] Ammeter-Voltmeter method

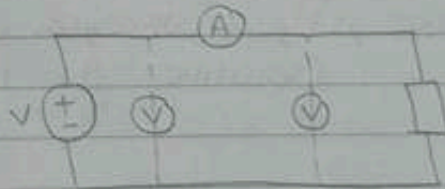
يقيس الجهد و يقيس التيار وأحسب المقاومة من العلاقة

$$R = \frac{V}{I}$$

والأفضل اني أرسم علاقة بين I و V وأجيب ميل الخط المستقيم
← يرسم الخط بشكل متماثل بالنسبة لجميع النقاط



← وضع جهاز الأميتر والفولتميتر بحيث نحصل على قيمة المقاومة (كبيرة وصغيرة)
لتحقيق أقل قيمة لل errors



عيوب هذه الطريقة :-

- 1- بوجود error في الأميتر و error في الفولتميتر سيكون محصلة ال errors من قيمة المقاومة كبيرة



Effect of ammeter insertion

حساب نسبة الخطأ في مقاومة الشارح حيث يجب أن تكون مقاومة مقاومة الحثيرة

$$\text{error} = \frac{V}{R_L} - \frac{V}{R_L + R_m}$$

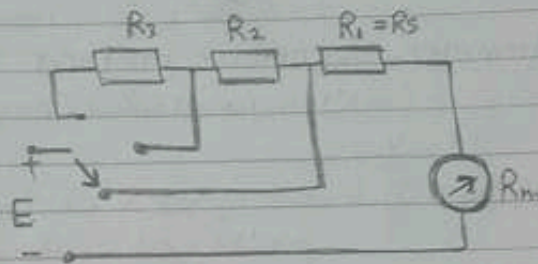
كلما كانت مقاومة الأميتر أصغر كلما كانت قراءة الأميتر أكثر دقة
← تعبير في المثل

The moving coil instrument as a voltmeter.

200, 100, 50V

$$R_s = \frac{V}{I_m} - R_m$$

$$= \frac{50}{100 \mu A} - 1k\Omega$$



$R_1 = R_s \rightarrow$ position 1

$R_s = R_1 + R_2 \rightarrow$ position 2

$R_s = R_1 + R_2 + R_3 \rightarrow$ position 3

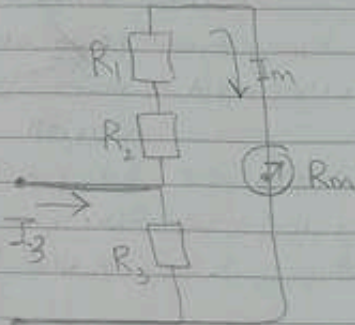
ممكن أجب المقاومة الإجمالية من ال sensitivity

← يوصل الفولتميتر على التوالي حيث يكون مقاومته (∞)
كلما كانت مقاومة الفولتميتر أكبر كلما كانت القراءة أكثر دقة (عالي sensitive)



Position 3

المقاومة = 5 أوم



$$R_3 \times (I_3 - I_m) = (R_1 + R_2 + R_m) I_m$$

Three sections = 3 resistors

→ ex.

\downarrow 5A \Rightarrow \times دي إيه I_3 في position 3
 \downarrow 500 mA \Rightarrow R_{sh} إيه ما يمكن فالتالي التيار إيه
 \downarrow 50 mA \Rightarrow ما يمكن

5A, 50A, 100A

تغيير في السؤال

$$\textcircled{1} n = \frac{I_1}{I_m} = \frac{5}{1 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^3, \textcircled{2} R_{sh} = R_m / (n - 1)$$

$$= 100 / (5 \times 10^3 - 1) = 0.02 \Omega$$

$$\textcircled{2} R_3 = \frac{I_m}{I_3} (R_{sh} + R_m) = \frac{1 \times 10^{-3}}{100} (0.02 + 100) = 0.001 \Omega$$

$$\textcircled{3} R_2 = \frac{1 \times 10^{-3}}{50} (0.02 + 100) = 0.001 = 0.001 \Omega$$

$$\textcircled{5} R_1 = R_{sh} - (R_2 + R_3) = 0 \Omega$$

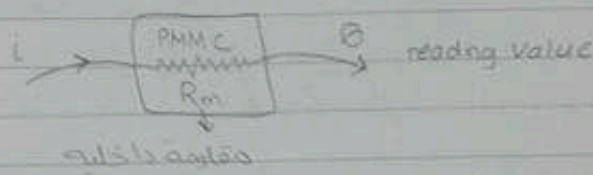


الخصائص الكهربائية :-

- 1- يستهلك قدرة صغيرة ($250 \mu W - 20 \mu W$)
- 2- حساسية لدرجة الحرارة (تؤثر وسيلة تبريد)

العيوب :-

- (1) يمدد الوقت العزم يختلف فيكون عني errors (Spring)
- لو (Control) العيب قد يترجم
- (2) غاي لأدقته كبيرة



زيادة عدد لفات الملف $\leftarrow R_m$ تزيد
تقليل مساحة المقطع $\leftarrow R_m$ تزيد

$$R_{T_{PMMC}} = R_m \parallel R_{sh}$$

توازي

المقاومة مختلف

عشان نعرف اقرأ تيار كبير
واحد ال scale ع المؤشر نفسه

I	I _m	→
10A	1mA	10A
20A	2	20A

لو عبارة أدخل تيار كبير أصغر ال R_{sh}

$$I_m = 1 \text{ mA}$$

R_s

$$\Rightarrow I_{sh} = 20 - 1 \text{ mA}$$

$$I = 20 \text{ A}$$

لو ربع المساحة التيار هيقبل للربع

$$I_m = 1 \text{ mA}$$

R_s 0.5

$$\Rightarrow I_{sh} = 10 - 0.5 \text{ mA}$$

$$I = 10 \text{ A}$$

لما دخل المسألة نكتب الإنشائي

$$I_m R_m = R_{sh} (I - I_m)$$

لنا من هنا



#

يقرأ بس

Permanent Magnet Moving Coil (PMMC) → indicate

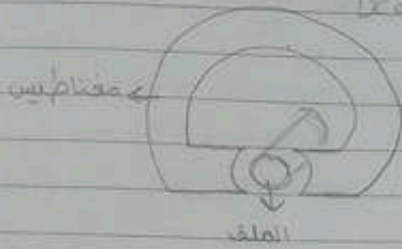
يستخدم في القياس في مجال مغناطيسي + المجال Permanent Magnet
 فيكون كذا يحرك المؤشر .

Spring control → Linear scale

DC يقيس # Drift (Systematic error)

يوجد eddy current نسبة damping

لوجود حديد (metal) طبعاً على الملف



الملف



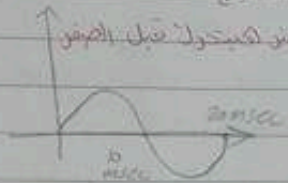
DC → لا يتغير مع الاتجاه (كان زاوية)

1- (inertia) المؤشر يظل هيكلاً

2- لتيجه وجود قوتين متساويتين

في المقادير ومتساويتين في الاتجاه = المحصلة = صفر

ماذا يحدث لو أنزلنا الإشارة AC على (PMMC) ؟



لو كان

Average

هيكلاً ال

Average

معدلات الملف → طول الأسطوانة

$$T = \text{deflection torque} = BILNd$$

Magnet

I: coil current

d: width of coil

تغير مع تغير التيار $T \propto I$

$$T = K_i I$$

التيار ال

coil

$$T = T_c = K_i = c\theta$$

Linear $\propto \theta$

أفيسدنا صغير بزوايا كبيرة ؟ زاوية

لو كان قراءه دقيقه

لو كنا نض من القه معملنا حاجة

$$i = \frac{c}{K} \theta$$

$$K = BLNd$$

بب 1- أنزل عدد اللتان

عشان المقاومة الإاطية

هتزيد

لازم يكون صغير



2- زيادة أبعاد الملف كتبه الجدار دكر

Control Torque \rightarrow Spring
 \rightarrow Gravity

13

Damping Torque \rightarrow mechanical
 \rightarrow electromagnetic

and \rightarrow over damping
 \rightarrow under " " \rightarrow critical " "

PAGE
DATE

$$T_D = \text{Constant} + D \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{Air, Liquid, eddy currents})$$

(Schel)
 $\neq \frac{d^2\theta}{dt^2}$

$$\therefore T_D = D_m \frac{d\theta}{dt}$$

$$T_D = D_e \frac{d\theta}{dt}$$

$$D = D_m + D_e$$

$$\therefore T_D = D \frac{d\theta}{dt}$$

$$\Rightarrow T = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + D \frac{d\theta}{dt} + c\theta$$

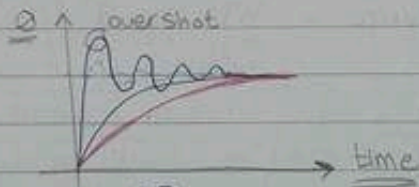
Dynamic response: شكل الحركة بين وضعي السكون

at steady state

$$T = c\theta \quad (\text{spring})$$

$$\text{or } T = c \sin \theta \quad (\text{Gravity})$$

شكل θ و Time يعتمد على (J, D, c)



D

$$D > \sqrt{4cJ}$$

over damping

- slow
- without oscillations

D

$$D < \sqrt{4cJ}$$

under Damping

- very fast
- with oscillations
- overshoot

D

$$D = \sqrt{4cJ}$$

Critical Damping

- fastest response
- من over Dam.
- وأبطأ من Under
- without oscillations

\therefore over damped لو زمن الوصول غير مهم

الأنضد ولكن الوصول بالسرعة

Under damped

(over shot) في ال

improve (أقل ال overshoot) عمل

2- أقال في ال parameters

كل مشكلة للاختزان



ملاحظة 4 :-

Damping Torque :-

at steady state $\Rightarrow T_D = 0$ (تدamping torque)

توان ال Damping :-

1- يواكب حركة الأجزاء المتحركة 2- يمنع الاهتزازات

2- حركة متزايدة \leftarrow Stabilize the motionHigh Damping \rightarrow Large time till balance بطيءLow Damping \rightarrow high oscillations سريعOver shooting \rightarrow المؤشر يتحرك بعيداً عن موضع التوازن

$$T_D = D \frac{d\theta}{dt}$$

D: زاوية الانحراف

D: Damping mechanism

طرق التخميد

1. Air

 \rightarrow Not effective \rightarrow كما، لا تكون كتلة المؤشر

تكون تأثيره

Air Damping أقل

D >

2. Solid Friction

 \rightarrow Very small \rightarrow قليل تأثيرهAir damping
 \rightarrow pistonمع حركة المؤشر في
الأجزاء المتحركة

تتحرك

☐ Mechanical damping☐ Electromagnetic

D <<<

normal friction

لا هوا ولا زيت

$$\neq \frac{d\theta}{dt}$$

3. Liquid

D >>

الزيت، السوائل

سائل لزج

 \rightarrow more effective \rightarrow الهواء

Kept

vertical



4. eddy current

دوامات عاصورية

D >>>

 \rightarrow The most

effective

هو التخميد



Displacement

يعاكس المجال

الأمبي فيولد

damping

فيستبدل مسافة كبيرة

يقتصر على المسافة التي تتحركها المؤشر



disadvantages:-

- Non Linear
- Should keep vertical → Spring لا ينجح

Advantages:-

- cheap
- Unaffected by temperature
- غير قابل للتأثر بدرجة الحرارة

The deflecting torque is proportional with the square of the current. A current = 2A, $\theta = 90^\circ$. What is the current of $\theta = 45^\circ$.

a) Spring b) Gravity

$$T \propto I^2$$

$$T = KI^2$$

Spring $T_c = C\theta$

Gravity $T_c = C \sin \theta$

S.S	$T = T_c$	$\frac{I_1^2}{I_2^2} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$	$I_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} = 1.414 \text{ A}$
	$KI^2 = C\theta$		
	$= C \sin \theta$	$\frac{(2)^2}{I_2^2} = \frac{90^\circ}{45^\circ}$	(Spring)

S.S	$\frac{I_1^2}{I_2^2} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)}$	$I_2 = 1.682 \text{ A}$	(Gravity)
-----	---	-------------------------	-----------

لما أقيت أقرأ قيم كبيرة يحصل استعمال ال Gravity

For the same deflection angle, the instrument using (Gravity Control) Larger value could be determined.

[comment: كل مسألة يكتب comment] ←



Control Torque

الوصول حالة السكون عند القوة التآشير (المؤشر يرجع ثانية للصفر)

⇒ at steady state

يعاكس العزم الأمثل (استوان)

$$T = T_g + T_c$$

$$\therefore T = T_c$$

$$\therefore K P(\omega) = T_c$$

الأنواع

→ Spring Control

$$T_c \propto \theta$$

$$T_c = C \theta$$

ثابت

$$\therefore T = K P(\omega) = C \theta$$

$$P(\omega) = 0$$

$$I \propto \theta \rightarrow \text{linear}$$

(أي زيادة في التيار يقابلها زيادة في زاوية الانحراف)

حساب الجهد

$$I^2 \propto \theta \rightarrow \text{Non-linear}$$

or

$$I I_2 \propto \theta \rightarrow \text{Non-linear}$$

Spring made of

1. non-magnetic → (الأهم)

لأنه هبولد مجال

2. low specific resistance

3. low temperature

4. not subjected to much weakness

→ Gravity Control

أوزان صغيرة يغيرها بسهولة كي ماتوصل حالة الاتزان

$$T_c \propto \sin(\theta) \rightarrow \text{Non-linear}$$

$$T_c = C \sin \theta$$



Dynamic performance of Analogue instruments

كيفية الوصول من حالة الاتزان لحالة أخرى
حركة المؤشر يعتمد على وزن المؤشر

$$T = k \phi(\alpha) \quad \text{N.m}$$

يعتمد على

1- نوع الجهاز 2- العزم

Two Torque

T_1 و T_2

I_s ?

I_s



magnetic

(I) At steady state the deflecting torque = $T_f + T_c + T_D$

T_f : inertia torque عزم القصور

T_D : damping torque

T_c : control torque

(I) Inertia Torque

كتلة الأجزاء المتحركة تسبب عزم قصور يعاكس العزم الدافعي

• Transient موجود في

• equal zero at steady state \rightarrow

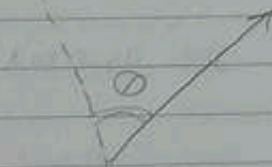
المؤشر ثابت ϕ ثابت

$\therefore T_f = 0$ صفر

$\uparrow T_f = \uparrow \frac{J d^2 \phi}{dt^2} \Rightarrow$ angular acceleration

mass of moving parts (pointer)

zero



ϕ : angle of pointer

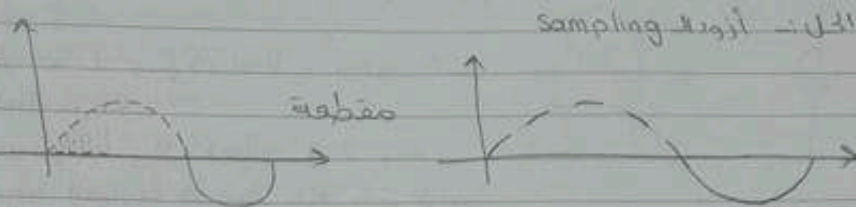
جزء

كتلة

العلاقة بين (m) mass & (J) inertia



7] Digital measurement method



أقرب للشكل (أفضل)

كل ما الملاحظة كبرت كلما الشكل انجز

analogue → بطيء

يفضل استخدام digital عن analogue لأن analogue أبطأ

→ Types of measuring instrument

→ ① (Display) عن طريق العرض

Analogue instruments

Digital instruments → 1, 1.2, 1.23, 1.235

→ ② عن طريق التركيب الداخلي

Mechanical instruments

Electrical instruments → (R, L, C) Rating أعلى (220V) size & weight أعلى

Electronic instruments → (Diode, Transistors) أسرع

يتميز استجابة في الترانزيست (transient)

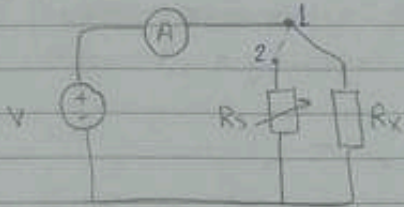
multi-Functions

analogue

Maintenance

	1 Mechanical	2 Electrical	3 Electronic (Digital)
elements	أجزاء ميكانيكية	R, L, C	Diode, Transistors
Rating	منخفضة	عالي (أقل من 1)	قليل
Size, weight	أكبر بكثير	عالي	صغير جداً
Fast response	بطيء	بطيء (أضعف من 1)	سريع جداً
multi-Function	لا يوجد	قليل	يوجد
Maintenance	كل ما كان معقد تولى الصيانة أصعب	أسهل	أصعب (دقيق)

[3] Substitution method



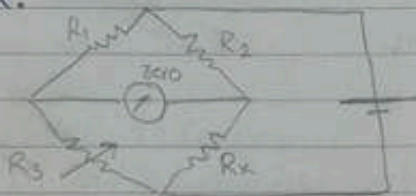
تحديد القيمة مع الحفاظ على نفس قيمة إشارتي المؤشر

كان عند 1 وتم حساب التيار بوجود المقاومة R_x .

ومن ثم تغيير ال switch لـ 2 وتغير قيمة المقاومة المتغيرة R_s حتى الوصول لنفس قيمة التيار في هذه الحالة $R_s = R_x$

[4] Null measurement method (bridge)

ex.



لتحديد قيمة R_x نثبت مقاومتي

R_1 و R_2 ونغير قيمة R_3

(المغيرة) طرما المؤشر

وقف عند الصفر $R_x = R_3$

ويعطين مستوى حسابات

high accuracy ← جهاز دقيق للمؤشر وقف عند الصفر

معتمدة على دقة الجهاز المستخدم و الأفضل (Range) $\mu A, mA$
المميزان: 1- حسابات 2- المعايرة مستمرة

→ sensitive $mA, \mu A$

[5] Differential measurement "analogue" method

منه يحتاج أتيان (No balance) السبب: عاين المؤشر يتحول (الطاقة) عشان يقرأ.

يستخدمه لمعايرة اقوى باستقرار

صيفعش استخدم الطريقة دي في الترانزيست لان التغير transient حيا سريع جدا ومنه للاضطراب حركة المؤشر بطيئة

[6] null - differential measurement "analogue":-

بتجمع بين ال [4] و [5]

المؤشر يتحرك بقيمة ال difference . الجهد الاقصى 220v فتلا انون
انغير بقيمة اذ ايه بالنسبة لا 220v (DI) high sensitive



محاضرة 3 -

Methods of measurement:

- # Direct comparison
- # Indirect measurement
- # Substitution
- # Null measurement
- # Differential "analogue"
- # null differential
- # Digital

[1] Direct Comparison

Comparing with a Standard

(مقارنة)

مقارنة بين مجهول بشي معلوم

القوية - وقت أطول (بتجرب أكثر من مرة)

المميزات - high accuracy النسب : مقارنتها بال Standard (True value)



Standard ← Ix

يقارن التيار المجهول بتيار ال Standard (Ix)

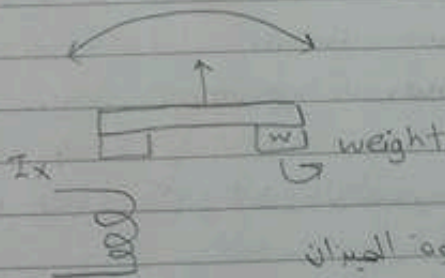
عن طريق زيادة قيمة ال Ix تدريجياً

حتى الوصول إلى حالة الاتزان $I_s = I_x$

[2] Indirect measurement

The current can be measured using a weight

تستخدم في معظم أجهزة القياس



تتساوى القوتين

(كل فعل رد فعل)

Ex . الميزان

المؤشر يوقف لما وزن الجسم = وزن أوقوة الميزان
المؤثر على الجسم

لو كان الجهاز high sensitivity سيكون فيه نسبة خطأ أكبر
النوع ١ - Random Errors

Resolution - أنا اللي بتحكم فيه

الدقة ← Accuracy النسبة إلى الـ True value (مقارنة القيمة بالقيمة الحقيقية)
التي ← precision قياس بين القراءات وبعدها (9.99, 10.01) (مقارنة القيم بوحدها) : انفسا تكون
Accuracy

$$1 - \delta_r = 1 - \frac{|measured - True|}{True}$$

قربته من الـ True value
Accuracy

→ random = 0

١ - كل جهاز accuracy عبارة عن precision (✓) accept random error

← أنه دقيقاً فيه قريبة من الـ True فأكبر كل القيم قريبة من بعض

٢ - العكس صحيح (X)

← ممكن تكون الأرقام قريبة من بعض ولكن مش قريبة من القيمة الـ True



في حالات ممكن تكون False
random error

$$\text{efficiency (الكفاءة)} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

$$\uparrow \eta = \frac{\uparrow R_m (\text{internal resistance})}{\text{Full scale (Volt)}} = \frac{\infty}{FS} = \infty \quad \text{مقاومة series}$$

تلك فولتية مقاومة الداخلية كبيرة بالساعة أو توصيفة
: تحسين كفاءة الجهاز كمولتيتر، زيادة المقاومة الداخلية

$$\uparrow \eta_{\text{analog}} = \frac{I}{I^2 R} = \frac{1}{IR} = \frac{1}{I(0)} = \infty \quad \text{مقاومة parallel}$$

: تحسين كفاءة الجهاز كأميتر، تقليل المقاومة الداخلية



⑤

error $\rightarrow \delta_o = \overset{\text{measure}}{\delta A} = A_m - A_t \rightarrow \text{true}$ (static or absolute error)
 $\delta_r = \delta_o / A_t = (A_m - A_t) / A_t$ (relative error)
 $A_t = A_m / (1 + \delta_r)$

Static correction:-

- $\delta_o \rightarrow$ تصحيح الأداة

Ex.

An instrument is used to read a voltage of 120 V, where the reading was 119.4 V. Calculate the Static error and the Static correction for the instrument.

Sol.

Static error $\rightarrow 119.4 - 120 = -0.6 \text{ V}$

Static correction $\rightarrow -\delta_o = -\delta A = 0.6 \text{ V}$

Sensitivity:- $\frac{\text{input}}{\text{output}}$ O/P الأداة، القيمة المقاسة، القيمة الحقيقية

input \rightarrow الإشارة التي تدخل على الجهاز 5A
 output \rightarrow حركة المؤبرة 20 mm, 10 mm

10 mm

20 mm

5A 10 mm
 20A 40 mm
 0.2 A 0.4 mm
 0.1 A 0.2 mm

5A 20 mm
 20A 80 mm
 0.2A 0.8 mm
 0.1A 0.4 mm

لو دخلنا 0.1 أمبير على الجهاز، حركت المؤبرة 0.2 مم
 أي دخلنا 0.2 أمبير حركت المؤبرة 0.4 مم
 Sensitivity



محاضرة 2

Measurement range

Single range

multi range



Nominal Value

بيانات مذكورة من قبل المصنع

* Calibration

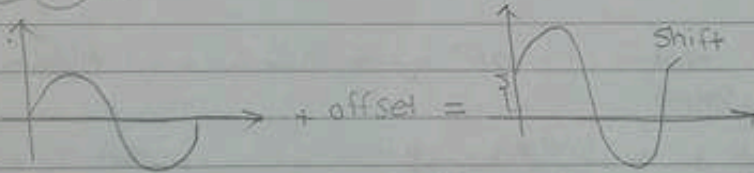
معالجة

المقارنة بشئ معلوم

→ Types of error :-

1. Systematic error → ex. الميزان لو واقف على 100 (القياس) خطأ ثابت
2. Random error → (noise) مجهول السبب
3. Gross error → User error
4. Limiting error → (خطأ في الجهاز)
5. Static error → الوحيد الذي يمكن تصحيحه ، هو الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة

offset

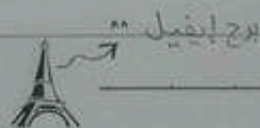
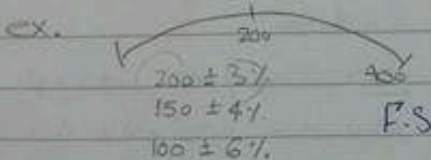
ex. الميزان
x عدد الحاجة

- ② أحد الأساليب : لوضع مقاومات متغيرة بإسلاك توصيل ، قد تكون تلك الأسلاك حاملة لتيار فتسبب مجال
- ③ وزن الجسم في تولد اهتزازات

تكرار القياس

* صعب للغاية

- ③ # الوقوف بزاوية غير عمودية * عدم التقيد بالتعليمات
- ④ نسبة ثابتة من ال Full-Scale (F.S)
- اقرأ عند ال F.S لأن ال limiting error ستكون أقل (قريب من ال F.S)



→ Errors :-

التعريف True value - measured value

الفرق بين القيمة الأصلية و القيمة المقاسة

① instrument خطأ في الجهاز (الآلة)

② User خطأ من المستخدم

③ multi-equipment

↓
مقدار

→ Functions of measuring instrument

مهام أجهزة القياس

① Indicate القياس إلى

② Record

③ Control



... قياسات كهربائية ...

Chapter # 1

مراجعة 1 :-

Define :-

Resistor (element) عازل

Resistance مقاومة

المقاومة التي يسلك عليها جهاز مقار (1 volt) ويمر به تيار (1A)

→ when (1 volt) is applied on the conductor flowing of current of (1A)

$$R(\Omega) = \frac{V}{I}, \quad R = \frac{PL}{A}$$

Voltage drop

السقوط اللازم لنقل وحدة الشحنة الكهربائية بين نقطتين

volt

فرق الجهد اللازم لنقل شحنة مقار (1 جول) لنقل وحدة مقار (1C)

Force (N)

$$F = m \cdot a$$

وحدة كتلة 1 kg

← نيوتن : القوة اللازمة لنقل جسم كتلته 1 kg بمعدل مقار (1 m/s²)

$$F = \text{work} / \text{distance}$$

السقوط المطلوب لنقل مادة مسافة (1m)

← نيوتن : السقوط المطلوب لكل (1m)

measurement :- (Key words)

process : Determine (Obtain), Value (magnitude), (Qua

experimentally, تجريبية

مثال علاقة

Errors

